

PRIORITY DOCUMENT



08 AUG 1997  
WIPO PCT

Bescheinigung

Die Schleifring und Apparatebau GmbH in Fürstenfeld-  
bruck/Deutschland hat eine Patentanmeldung unter der Bezeich-  
nung

"Vorrichtung zum Empfang optischer Signale mit  
einem lichtleitenden Gegenstand"

am 27. Juni 1996 beim Deutschen Patentamt eingereicht.

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wieder-  
gabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

Die Anmeldung hat im Deutschen Patentamt vorläufig die Sym-  
bole G 02 F, G 02 B und G 08 C der Internationalen Patent-  
klassifikation erhalten.

München, den 15. Juli 1997

Der Präsident des Deutschen Patentamts  
Im Auftrag

Aktenzeichen: 196 25 870.7

Hoß



3  
Anwaltskanzlei MÜNICH · RÖSLER · STEINMANN



Patentamt  
Darf nicht geändert werden

MRS-Anwaltskanzlei  
Wilhelm-Mayr-Straße 11 · D-80689 München

Telefon 00 49 / (0) 89 / 5 46 700 - 0  
Telefax 00 49 / (0) 89 / 54 67 00 - 49 / 99

An das  
Deutsche Patentamt

80297 München

Patentanwälte/  
European Patent Attorneys:  
Dr. rer. nat. Wilhelm-L. Münch, Dipl.-Phys.  
Uwe Th. Rösler, Dipl.-Phys.

Rechtsanwalt:  
Dr. jur. Otto C. Steinmann

26.6.1996, Rö/Be

Unser Zeichen: Sr 4/96

Neue deutsche Patentanmeldung

Anmelder:

Schleifring und Apparatebau GmbH  
82256 Fürstenfeldbruck

Vorrichtung zum Empfang optischer Signale mit einem  
lichtleitenden Gegenstand

### B e s c h r e i b u n g

Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zum Empfang optischer Signale mit einem lichtleitenden Gegenstand, in den das zu empfangende optische Signal einkoppelbar ist. Der lichtleitende Gegenstand weist ein Material auf, dessen Elektronenanordnung durch energetische Anregung invertierbar ist und das durch stimulierte Emission Licht mit einer Emissionswellenlänge abstrahlt, die der Wellenlänge der zu empfangenden optischen Signale entspricht. Für die Invertierung des Elektronenzustandes ist eine Anre-

gungseinheit vorgesehen. Ferner ist an dem lichtleitenden Gegenstand eine Detektoreinrichtung zur Detektion des Lichtes optisch angekoppelt, das im Wege der durch die in den lichtleitenden Gegenstand eingekoppelten optischen Signale stimulierten Emissionsprozesse erzeugbar ist.

Vorrichtungen zum Empfang optischer Signale sind aus einer Vielzahl technischer und wissenschaftlicher Anwendungsbereiche bekannt. Allen bekannten optischen Detektoreinrichtungen liegt das Problem zugrunde, elektromagnetische Strahlung in eine Informationseinheit umzuwandeln, die in direktem Bezug zum optischen Ausgangssignal ist und technisch, d.h. mit den Mitteln heutiger Auswerteelektronik verarbeitbar ist. Ein wesentlicher Aspekt für die Realisierung optischer Detektoren von hoher Qualität ist die möglichst direkte Umwandlung von elektromagnetischer Strahlung in elektrische Signale, die einer weiteren Auswerteelektronik zugeführt werden können. Dieser Anforderung werden insbesondere photoempfindliche Halbleiterdetektoren gerecht, bei denen die zu detektierenden Lichtquanten im Halbleiterbauelement direkt elektrische Ladungen freisetzen, die entsprechend ausgewertet werden können.

Die bekannten, auf der Basis von Halbleitermaterialien aufgebauten optischen Detektoreinrichtungen weisen in aller Regel nur sehr klein begrenzte photosensible Detektoroberflächen auf, doch können auch großflächige Detektoroberflächen durch mosaikartiges Zusammensetzen aus einer Vielzahl von Einzeldetektoren gebildet werden. Auch ist es grundsätzlich möglich, beliebige Detektorflächengeometrien auf der Basis von optischen

Halbleiterdetektoren zusammenzubauen, doch bedarf es zum einen einen sehr großen schaltungstechnischen Aufwand zur Verschaltung aller Einzeldetektoren mit einer Auswerteeinheit, zum anderen sind sehr hohe Kosten mit großflächigen Detektoroberflächen verbunden; zum dritten sinkt die Ansprechgeschwindigkeit mit zunehmender Fläche.

Möchte man jedoch über eine möglichst große Fläche elektromagnetische Strahlung detektieren, so eignen sich hierfür großflächig ausgebildete, lichtabsorbierende Detektorflächen, die aus einem vorwiegend transparentem Material bestehen, in dem fluoreszierende Farbstoffmoleküle eingebunden sind. Trifft Licht auf eine derartige Detektorfläche auf, so werden die fluoreszierenden Moleküle angeregt und senden innerhalb der Absorberschicht Fluoreszenzlicht aus, das durch Reflexionen an den Grenzflächen innerhalb des Materials vorzugsweise an die seitlichen Randbereiche der Absorberschicht gelangt, an denen geeignete optische Detektoren zur Umwandlung in elektrische Signale angebracht sind.

Den vorstehend beschriebenen Mechanismus machen sich insbesondere optische Drehübertrager zu Nutzen, mittels derer optische Signale zwischen einem sich drehenden und einem dazu stationär verbleibenden Teil übertragen werden können. Entlang einer stationär verbleibenden vorzugsweise zu einem geschlossenen Kreis gebogene Lichtleitfaser, in der fluoreszierende Moleküle eingearbeitet sind, bewegt sich eine optische Sendeeinrichtung, beispielsweise eine LED, die zur Lichtübertragung entlang der Bahn der Lichtleitfaser bewegt wird. Durch seitliches Einstrahlen in die Lichtleitfaser wird

37.05.96

Sr 4/96

innerhalb der Faser Fluoreszenzlicht erzeugt, das ebenfalls über interne Reflexionen zu den Lichtleitfasern geleitet wird, an denen jeweils optische Detektorvorrichtungen vorgesehen sind. Mit Hilfe dieser bekannten Vorrichtung ist es möglich, optische Signale zwischen einem drehenden und einem dazu stationär verbleibenden Teil zu übertragen.

Da das in der Lichtleitfaser hervorgerufene Fluoreszenzlicht durch spontane Emission entsteht, ist die Bandbreite für die zu übertragenden optischen Signale durch die Fluoreszenz-Lebensdauer der Farbstoffe in der Faser begrenzt. Möchte man jedoch den Empfang von optischen Signalen mit möglichst großer Bandbreite ohne Informationsverluste empfangen, so sind hierbei den bekannten fluoreszierenden Farbstoffen Grenzen gesetzt.

Die Aufgabe der Erfindung ist eine Vorrichtung zum Empfang optischer Signale mit einem lichtleitenden Gegenstand, in dem das zu empfangende optische Signal einkoppelbar ist und das mittels einer Detektoreinrichtung in elektrisch, weiter verarbeitbare Signale umgewandelt wird, derart weiterzubilden, daß zum einen die Lichtübertragung von den, in den lichtleitenden Gegenstand eingekoppelten optischen Signalen zu der Detektoreinrichtung auf möglichst direktem Weg erfolgt, ohne daß eine merkliche Signalschwächung eintritt. Es soll insbesondere möglich sein, den Empfang optischer Signale mit möglichst hoher Bandbreite weitgehend verlustfrei zu ermöglichen. Der Empfang der optischen Signale soll möglichst großflächig erfolgen, wobei die hiermit verbundenen Kosten möglichst gering zu halten sind. Der Empfänger soll sich insbesondere für den Einsatz in optischen Drehübertragern eignen.

57.06.96

Sr 4/96

Die Lösung der der Erfindung zugrundeliegenden Aufgabe ist im Anspruch 1 angegeben. Den Erfindungsgedanken vorteilhaft weiterbildende Merkmale sind Gegenstand der Ansprüche 1 bis 5. Anspruch 6 ff. bezieht sich auf eine erfindungsgemäße Verwendung der Vorrichtung für die optische Signalübertragung zwischen zwei sich relativ zueinander beweglichen Teilen.

Die Erfindung geht von der Idee aus, den zum Empfang optischer Signale vorgesehenen lichtleitenden Gegenstand mit einem Material zu versehen, dessen Elektronenanordnung durch energetische Anregung invertierbar ist und das durch stimulierte Emission Licht mit einer Emissionswellenlänge abstrahlt, die der Wellenlänge der zu empfangenden optischen Signale entspricht. Die Invertierung der Elektronenanordnung wird durch eine Anregungseinheit, vorzugsweise durch eine optische Pumplichtquelle hervorgerufen. An den lichtleitenden Gegenstand ist optisch eine Detektoreinrichtung zur Detektion des Lichtes angekoppelt, das im Wege der durch die in den lichtleitenden Gegenstand eingekoppelten optischen Signale stimulierten Emissionsprozesse erzeugbar ist. Der lichtleitende Gegenstand ist erfindungsgemäß aus einem Material, das vorzugsweise Kunststoff ist, worin bei Lichteinstrahlung mit einem Winkel zwischen  $0^\circ$  und  $90^\circ$  relativ zur Einstrahlungsoberfläche innerhalb des Materials durch elastische Streuung Streulicht erzeugt wird, wobei die Wellenlänge des Streulichtes der des eingestrahnten Lichtes entspricht. Wesentlich ist, daß das Streulicht Strahlungskomponenten in Richtung einer Hauptausbreitungsrichtung des lichtleitenden Gegenstandes aufweist. Damit ist gemeint, daß das auf den

lichtleitenden Gegenstand einfallende Licht durch Streuprozesse eine Strahlungskomponente innerhalb des lichtleitenden Gegenstandes erzeugbar ist, die in die Richtung weist, in der die Detektoreinrichtung angeordnet ist. Eben diese Strahlungskomponente, die die gleiche Wellenlänge wie das optisch einfallende Signal aufweist, wird durch das in dem Gegenstand vorhandene, eine Besetzungsinversion aufweisende Material durch stimulierte Emissionsprozesse verstärkt. Die beim Verstärkungsvorgang erzeugte Strahlung hat nicht nur die gleiche Wellenlänge wie die erzeugende Strahlung, sondern auch gleiche Richtung, Phasenlage und Polarisation. Da der Prozess der Lichtverstärkung nicht spontan, sondern stimuliert erfolgt und der direkt durch das im lichtleitenden Gegenstand gestreute Licht hervorgerufen wird, ist die Bandbreite um mehrere Größenordnungen höher. Auf diese Weise ist es möglich, die optischen Signale über die erfindungsgemäß ausgebildete Empfangsvorrichtung weitgehend unverzerrt und verstärkt zur Detektoreinrichtung zu leiten.

Ein wesentlicher Aspekt der der Erfindung zugrundeliegenden Idee ist die elastische Streuung des einfallenden Lichtes innerhalb des lichtleitenden Gegenstandes, wodurch Streulicht auch in der Richtung innerhalb des Materials abgelenkt wird, in der die Detektoreinrichtungen angeordnet sind. Es ist erfindungsgemäß erkannt worden, daß der Anteil von elastischem Streulicht in transparenten Kunststoffmaterialien besonders stark auftritt.

Eine besondere Anwendungsmöglichkeit der erfindungsgemäß ausgebildeten Empfangsvorrichtung für optische Signale ist das Gebiet optischer Drehübertrager.



Hierbei ist der vorstehend beschriebene, erfindungsgemäß ausgebildete lichtleitende Gegenstand als eine Lichtleitfaser ausgeführt, entlang der eine Sendeeinrichtung geführt wird. Beispielsweise kann die Lichtleitfaser die Form eines Kreises aufweisen, entlang der eine Sendeeinrichtung verfährt, die auf einem sich relativ zur Lichtleitfaser drehenden Teil befindet.

Das in der Lichtleitfaser eingebrachte, in seiner elektronischen Besetzung invertierbare Material wird vorzugsweise mittels Pumplaser, die an den Faserenden der Lichtleitfaser vorgesehen sind, optisch angeregt und auf diese Weise in einen invertierten Besetzungszustand überführt.

Die von der optischen Sendeeinrichtung herrührenden optischen Signale werden seitlich in die aus Kunststoff gefertigte Lichtleitfaser eingestrahlt, wo unter Beibehaltung der ursprünglichen Wellenlänge, das Licht elastisch gestreut wird. Wesentlich hierbei ist, daß Strahlungskomponenten auch in Achsrichtung der Lichtleitfaser gestreut werden. Dieses elastische Streulicht wird nun im Wege der induzierten Emission auf dem ganzen Ring-Umfang verstärkt, wodurch an den Lichtleiterenden verstärktes Streulicht abgegeben wird, das die gleiche Wellenlänge aufweist wie die eingekoppelten optischen Signale. Da es sich bei dem Verstärkungsvorgang um induzierte Emission handelt, ist die Beschränkung der Bandbreite wie im bekannten Fall bei fluoreszierenden Farbstoffen durch die beschränkte Fluoreszenzlebensdauer nicht mehr gegeben, so daß der erfindungsgemäß ausgebildete Lichtleitfaserring um Größenordnungen schneller ist, d.h. auch optische Signale mit





einer hohen Modulationsfrequenz können ohne Informationsverluste empfangen und entsprechend ausgewertet werden.

Für die Detektion des an den Lichtleitfaserenden anliegenden verstärkten Signallichtes sind wellenlängenselektive Koppellemente vorgesehen, die das für den Anregungsprozeß erforderliche Pumplicht, das von den Pump-lasern erzeugt wird und auf einer anderen Wellenlänge liegt als die zu verarbeitenden optischen Signale, von der nachfolgenden Detektoreinrichtung optisch abkoppeln.

Neben der speziellen Anwendung der erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Empfang optischer Signale für den Bereich der optischen Drehübertragung sind jedoch auch beliebig weitere Anwendungen denkbar. So ist es beispielsweise möglich, durch Vermessen der Signallaufzeiten zwischen dem Lichteinkoppelort und den an beiden Lichtfaserenden vorgesehenen Detektoreinheiten die Empfangsanordnung als positionsempfindlichen und/oder richtungsempfindlichen Detektor zu verwenden. Neben der Signallaufzeitmessung dient auch die Vermessung der Signalamplituden, der sich innerhalb der Lichtleitfaser ausbreitenden Lichtwellen den vorstehenden Detektionsmöglichkeiten.

Ein besonders geeignetes Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Empfang optischer Signale für den Einsatz optischer Drehübertrager ist in der beiliegenden Figur dargestellt.

Die in der Figur mit dem Bezugszeichen 1 schematisch dargestellte, aus Kunststoff gefertigte Lichtleitfaser ist zu einem Ring geformt und entspricht der Empfangseinrichtung für das Licht einer sich gegenüber



der Lichtleitfaser bewegenden optischen Sendeeinrichtung, die in der Figur nicht dargestellt ist. Es wird angenommen, daß an der Stelle P die Sendeeinrichtung ein optisches Lichtsignal in die Lichtleitfaser 1 einkoppelt, das im Wege der vorstehend beschriebenen elastischen Streuung in beide Richtungen zur Faserachse abgelenkt wird. Die in der Lichtleitfaser 1 enthaltenen besetzungsinvertierten Materialien werden im gezeigten Beispiel durch optische Anregungsquellen, beispielsweise Pumplaser PL angeregt, wodurch sie zur stimulierten Lichtverstärkung der in Achsrichtung umgelenkten optischen Ausgangssignale beitragen. Wellenlängenselektive Koppler WDM dienen dabei dazu, das an den Lichtleitfaserenden austretende Signallicht von dem Pumplaserlicht zu trennen.

Die auf diese Weise empfangenen optischen Signale können Bandbreiten im GHz-Bereich aufweisen.

# P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Vorrichtung zum Empfang optischer Signale mit einem lichtleitenden Gegenstand, in den das zu empfangende optische Signal einkoppelbar ist und der Material enthält, dessen Elektronenanordnung durch energetische Anregung invertierbar ist und das durch stimulierte Emission Licht mit einer Emissionswellenlänge abstrahlt, die der Wellenlänge der zu empfangenden optischen Signale entspricht, mit einer die Invertierung erzeugenden Anregungseinheit sowie einer an den lichtleitenden Gegenstand optisch angekoppelten Detektoreinrichtung zur Detektion des Lichtes, das im Wege der durch die in den lichtleitenden Gegenstand eingekoppelten optischen Signale stimulierten Emissionsprozesse erzeugbar ist, wobei der lichtleitende Gegenstand aus einem Material besteht, vorzugsweise Kunststoff, das bei Lichteinstrahlung mit einem Winkel  $0^\circ < \alpha \leq 90^\circ$  relativ zur Einstrahlungsoberfläche innerhalb des Materials durch elastische Streuung Licht, d.h. die Wellenlänge des Streulichtes entspricht der des einstrahlten Lichtes, erzeugt, das eine Strahlungskomponente in Richtung einer Hauptausbreitungsrichtung des lichtleitenden Gegenstandes aufweist.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der lichtleitende Gegenstand eine Lichtleitfaser ist, in der sich das elastische Streulicht in Richtung der Faserachse ausbreitet.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2,

37-05-98

Sr 4/96

13

dadurch gekennzeichnet, daß die Anregungseinheit eine optische Pumplichtquelle ist.

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß an wenigstens einem Ende der Lichtleitfaser eine optische Pumplichtquelle und/oder ein wellenlängenselektives Element vorgesehen ist, das das Pumplicht von den optischen Signalen filtert.

5. Verwendung der Vorrichtung gemäß der Ansprüche 1 bis 4 zur optischen Signalübertragung zwischen zwei sich relativ zueinander beweglichen Teilen, so daß die von einer Sendeeinheit abgestrahlten optischen Signale in die Empfangseinheit eingekoppelt werden.

6. Verwendung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Empfangseinrichtung auf einem feststehenden Teil und eine optische Sendeeinrichtung, die die optischen Signale abstrahlt, derart auf einem sich drehenden Teil angeordnet sind, so daß während einer vollen Umdrehung des sich drehenden Teils die abgestrahlten optischen Signale stets in den lichtleitenden Gegenstand einkoppelbar sind.

7. Verwendung der Vorrichtung gemäß der Ansprüche 1 bis 6 als positionsempfindlicher Detektor für Lichtstrahlung durch Auswertung von Signallaufzeiten und/oder Signalamplituden.

8. Verwendung der Vorrichtung gemäß der Ansprüche 1 bis 6 als richtungsempfindlicher Detektor für Lichtstrahlung durch Auswertung von Signallaufzeiten und/oder Signalamplituden.

12

14  
Sr 4/96

9. Verwendung nach Anspruch 7 oder 8,  
dadurch gekennzeichnet, daß ein oder mehrere  
Detektoren verwendet werden.

27.06.98

15

